المتميز

Hard_equation

إعداد : مولود أوراغ
مفتش التربية الوطنية

بطاقات منهجية في الفيزياء

رقم 2

ميكانيك نيوتن

Mécanique de Newton

3AS

Physique

BAC

دار الكتب العلمية

50 DA

1 ميكانيك نيوتن
Mécanique de Newton

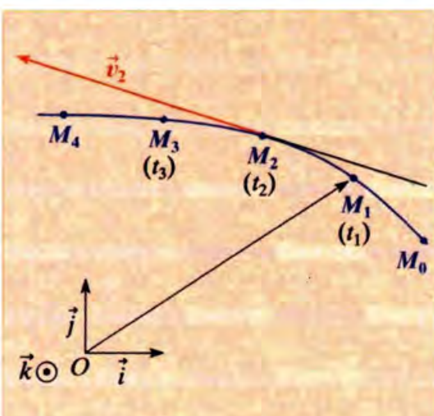
يعتبر إسحاق نيوتن Isaac Newton هو أول من وضع العلاقات بين القوى المطبقة على جسم و طبيعة حركة مركز عطالته.

1 - شعاع السرعة و شعاع التسارع :

* شعاع السرعة :

نعتبر نقطة متحركة M تم تسجيل المواضع التي تشغلها خلال مجالات زمنية متتالية و متساوية كل منها τ.

إن شعاع السرعة اللحظية $\vec{v}$ لهذه النقطة في اللحظة t_i، عندما يمر المتحرك بالموضع M_i، تساوي تقريبا إلى السرعة المتوسطة لهذه النقطة بين لحظتين متقاربتين تحصران اللحظة t_i:



$$\vec{v}(t_i) = \vec{v_i} \approx \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{\Delta t}$$

حيث : $\Delta t = 2\,\tau$

و بما أن : $\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}} = \overrightarrow{OM_{i+1}} - \overrightarrow{OM_{i-1}} = \Delta\overrightarrow{OM}$

$\Delta\overrightarrow{OM}$ هو تغير شعاع الموضع بين اللحظتين t_{i-1} و t_{i+1} .

و منه : $v(t) = \dfrac{\Delta\overrightarrow{OM}}{\Delta t}$

فمثلا في الوثيقة السابقة تعطى عبارة شعاع السرعة اللحظية في اللحظة t_2 بالعلاقة التالية :

$$\vec{v_2} \approx \frac{\overrightarrow{M_1M_3}}{t_3 - t_1} = \frac{\overrightarrow{OM_3} - \overrightarrow{OM_1}}{\Delta t} = \frac{\Delta\overrightarrow{OM}}{\Delta t}$$

و يتميز هذا الشعاع بالخصائص التالية :

- حامله هو المماس للمسار عند النقطة M_2 التي يشغلها المتحرك في اللحظة t_2.
- اتجاهه هو اتجاه الحركة عند هذه اللحظة.
- قيمته تساوي إلى قيمة السرعة اللحظية في تلك اللحظة.

في مرجع معيّن، شعاع السرعة لنقطة متحركة M في لحظة معطاة هو بالتعريف مشتق شعاع الموضع $\overrightarrow{OM}$ بالنسبة للزمن : $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$

يتميز شعاع الموضع $\overrightarrow{OM}$ ، في المعلم $(0,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ المرتبط بمرجع دراسة الحركة باحداثياته التالية : $z(t)$. $y(t)$. $x(t)$

و تكون احداثيات شعاع السرعة $\vec{v}(t)$ هي إذن المشتقات، بالنسبة للزمن ، لاحداثيات شعاع الموضع.

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases}x\\y\\z\end{cases} \quad \overset{\text{بالاشتقاق}}{\Rightarrow} \quad \vec{v}=\frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}\begin{cases}v_x=\frac{dx}{dt}\\v_y=\frac{dy}{dt}\\v_z=\frac{dz}{dt}\end{cases}$$

تقدر السرعة في الجملة الدولية للوحدات بوحدة : $m.s^{-1}$

*** شعاع التسارع :**

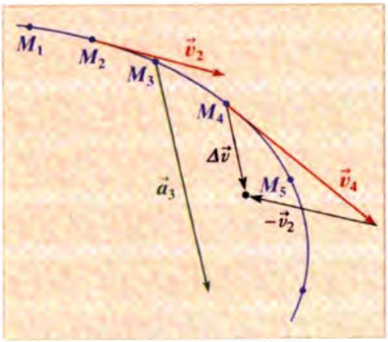
يرتبط شـعاع التسـارع $\overrightarrow{a_G}$ لمركز عطالة المتحرك في اللحظة t بشـعاع التغير $\Delta\overrightarrow{v_G}$ لشـعاع السرعة $\overrightarrow{v_G}(t)$ بين لحظتين متقاربين تحصران اللحظة t.

و بالتالي فإن شعاع التسارع يفيدنا في معرفة التغير الحاصل في شعاع السرعة.

في مرجع معيّن، شـعاع التسـارع $\overrightarrow{a_G}$ لمركز عطالة المتحرك في لحظة معطاة هو بالتعريف مشتق شعاع السرعة $\vec{v}$ بالنسبة للزمن :

$$\overrightarrow{a_G}=\frac{d\overrightarrow{v_G}}{dt}$$

يمكن استنتاج احداثيات شعاع التسارع $\overrightarrow{a_G}$ في المعلم $(0,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ المرتبط بمرجع الدراسة باشتقاق احداثيات شعاع السرعة في ذلك المعلم.



$$\vec{v}\begin{cases}v_x=\frac{dx}{dt}\\v_y=\frac{dy}{dt}\\v_z=\frac{dz}{dt}\end{cases} \quad \overset{\text{بالاشتقاق}}{\Rightarrow} \quad \overrightarrow{a_G}=\frac{d\overrightarrow{v_G}}{dt}\begin{cases}a_x=\frac{dv_x}{dt}=\frac{d^2x}{dt^2}\\a_y=\frac{dv_y}{dt}=\frac{d^2y}{dt^2}\\a_z=\frac{dv_z}{dt}=\frac{d^2z}{dt^2}\end{cases}$$

فمثلا لتعيين شعاع تسارع مركز عطالة المتحرك في اللحظة t_3 ، نرسم الشعاع $\Delta\vec{v}=\vec{v_4}-\vec{v_2}$ الذي يعطي تغير شـعاع السـرعة بين لحظتيـن متقاربتين تحصران اللحظـة t_3 و بذلك يمكن التعبير عن شعاع التسارع بالعلاقة :

$$\vec{a}(t_3)=\vec{a_3}=\frac{\vec{v_4}-\vec{v_2}}{t_4-t_2}=\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

يقدر التسارع غي الجملة الدولية للوحدات بوحدة : $m.s^{-2}$

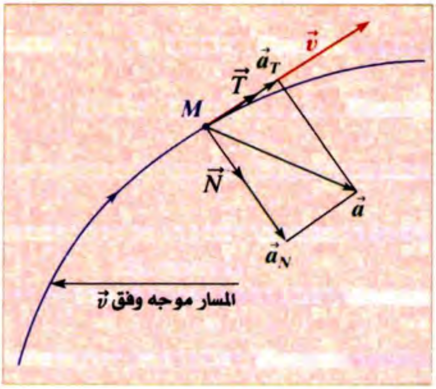
ملاحظة : عندما يكون المسار منحنيا، يكون شعاع التسارع دوما موجها نحو تقعر هذا المسار.

يستعمل معلم فريني Frenet في دراسة تسارع متحرك على مسار منحني.
يتشكل معلم فريني من المبدأ الذي يتمثل في النقطة المتحركة M و القاعدة المتعامدة $(\vec{T},\vec{N})$ ، حيث :

$\vec{T}$ هو شعاع الوحدة المحمول على المماس للمسار و الموجّه في اتجاه الحركة.

$\vec{N}$ هو شعاع الوحدة العمودي على $\vec{T}$ و الموجّه نحو تقعر المسار.

يعطى شعاع التسارع في هذا المعلم بالعلاقة :



$$\vec{a}=\frac{dv}{dt}\cdot\vec{T}+\frac{v^2}{R}\cdot\vec{N}$$

حيث : R هو نصف قطر تقعر المسار

$\overrightarrow{a_T}=\frac{dv}{dt}\cdot\vec{T}$: هي المركبة المماسية للتسارع.

$\overrightarrow{a_N}=\frac{v^2}{R}\cdot\overrightarrow{N}$: هي المركبة الناظمية للتسارع

قوانين نيوتن :

* القانون الأول : مبدأ العطالة

كان يعتقد منذ عهد أرسطو Aristote أن القوة ضرورية و لازمة للمحافظة على سرعة ثابتة للمتحرك.
و استمر ذلك الاعتقاد سائدا حتى نهاية القرن السادس عشر حيث أصدر غاليلي (1642-1564) الفرضية التي تنص على أن الحركة يمكنها أن تستمر حتى في غياب القوة.
و جاء من بعده نيوتن (1727-1642) ليعيد صياغة هذه الفكرة لتصبح معروفة تحت اسم القانون الأول لنيوتن أو مبدأ العطالة.

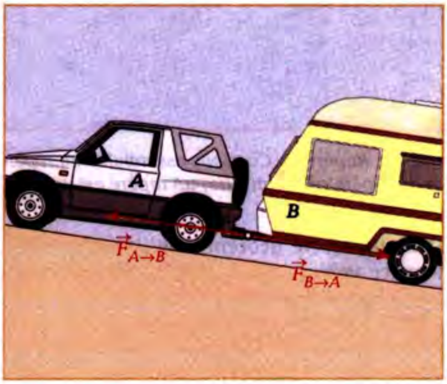
نص المبدأ: في مرجع غاليلي، عندما يكون الجسم معزولا أو شبه معزول $(\sum\vec{F}=\vec{0})$ ، فإن مركز عطالته G يكون :
- إما ساكنا، إذا كان G أصلا ساكنا : $\overrightarrow{v_G}=\vec{0}$
- إما متحركا بحركة مستقيمة و منتظمة : $\overrightarrow{v_G}$ هو شعاع ثابت.

* القانون الثاني: نظرية مركز العطالة

تحدد نظرية مركز العطالة العلاقة الكمية التي تربط بين مجموع القوى الخارجية المطبقة على الجسم و تسارع مركز عطالته.

في مرجع غاليلي، يساوي مجموع القوى الخارجية المطبقة على الجسم إلى جداء كتلة الجسم في تسارع مركز عطالته G : $\sum\overrightarrow{F_{ext}}=m.\overrightarrow{a_G}$

نستنتج من هذا القانون أن الكتلة لها مظهر عطالي، فهي معامل يميز عطالة الجسم (أو الجملة) فمن أجل نفس القوة المطبقة، كل ما كانت الكتلة كبيرة كلما كان التسارع ضعيفا.



*** القانون الثالث : مبدأ الفعلين المتبادلين**

عندما تجر السيارة عربة، توجد قوى تأثير متبادلة بين السيارة A و العربة B.
السيارة A تطبق على العربة B قوة $\overrightarrow{F_{A/B}}$ ، و في نفس الوقت تطبق العربة B على السيارة A قوة $\overrightarrow{F_{B/A}}$.
و يمكن التعبير عن نص مبدأ الفعلين المتبادلين على النحو التالي :

إذا أثرت جملة A على جملة B بقوة $\overrightarrow{F_{A/B}}$ ، فإن الجملة B تؤثر بدورها على الجملة A بقوة $\overrightarrow{F_{B/A}}$ لها نفس الحامل، تعاكسها في الجهة و تساويها في الشدة بحيث :

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}}$$

3 - المعالم العطالية : Référentiels Galiléens

على العموم لا يصلح تطبيق قوانين نيوتن إلا في المعالم العطالية. فكل مرجع يتم فيه تحقيق مبدأ العطالة هو مرجع غاليلي. و بالتالي فإن كل المراجع التي تتحرك بحركة مستقيمة منتظمة بالنسبة للمرجع الغاليلي هي أيضا مراجع غاليلية.

*** المرجع الهيليومركزي : مرجع كوبرنيك Copernic**

المعلم المرتبط بالمرجع الهيليومركزي له ثلاثة محاور موجهة نحو ثلاثة نجوم ثابتة و مبدؤه مركز الشمس.
تبين التجربة أن مرجع كوبرنيك هو مرجع غاليلي بامتياز، يستعمل في دراسة حركة الكواكب و المركبات الفضائية.

*** المرجع الجيومركزي : المرجع الأرضي Géocentrique**

المعلم المرتبط بالمرجع الجيومركزي له ثلاثة محاور موجهة نحو ثلاثة نجوم ثابتة (محاوره موازية لمحاور مرجع كوبرنيك) و مبدؤه مركز عطالة الأرض.
يمكن اعتبار المعلم الجيومركزي غاليليا، بتقريب جيد، في مناطق الفضاء القريبة من الأرض و يكون هذا التقريب مناسبا في دراسة حركة الأقمار الاصطناعية.

*** المرجع السطحي الأرضي : المرجع المخبري Terrestre**

المعلم المرتبط بسطح الأرض تجره الأرض أثناء حركة دورانها حول نفسها.
يمكن اعتباره غاليليا في شروط معينة حيث تكون المدة الزمنية المستغرقة في إنجاز التجارب على الأرض قصيرة بالمقارنة مع مدة دوران الأرض حول نفسها.

4 - حركة القمر الاصطناعي : تتم دراسة الأقمار الإصطناعية الأرضية في المرجع الجيومركزي.

عبارة التسارع الناظمي (المركزي) :

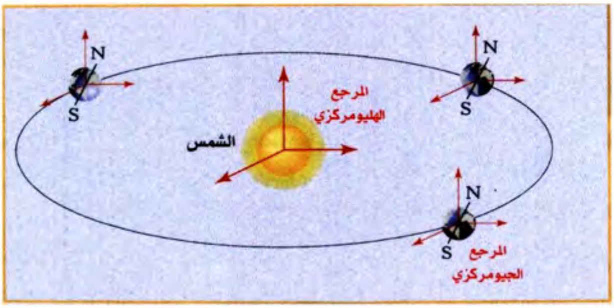
يرسم مركز عطالة القمر الاصطناعي S ، ذي الكتلة m، مسارا دائريا حول الأرض ذات الكتلة M.
يخضع القمر الاصطناعي إلى قوة التجاذب $\vec{F}$ التي تؤثر بها الأرض عليه :

$$\vec{F} = -G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \cdot \vec{u}$$

حيث : r هو بعد القمر الاصطناعي عن مركز الأرض O.

G ثابت التجاذب الكوني : $G = 6,67 \times 10^{-11} S.I$

$\vec{u}$ شعاع الوحدة الموجّه من O نحو S.



يسمح تطبيق القانون الثاني لنيوتن

بكتابة العلاقة : $m \cdot \vec{a} = \vec{F}$

أي أن : $-G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} \cdot \vec{u} = m \cdot \vec{a}$

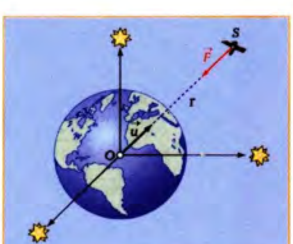
إذن : $\vec{a} = -G \cdot \frac{M}{r^2} \cdot \vec{u}$

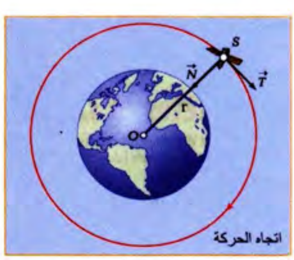
في المرجع الجيومركزي، يكون شعاع التسارع $\vec{a}$ لمركز عطالة القمر الاصطناعي دوما موجها نحو مركز الأرض : فهو مركزي و يحافظ على قيمة ثابتة مستقلة عن كتلته عندما يكون المسار دائريا.

سرعة القمر الاصطناعي:

نعتبر معلم فريني $(S, \vec{N}, \vec{T})$ المتحرك و المرتبط بالقمر الاصطناعي.
تكتب عبارة التسارع في معلم فريني بالعلاقة :

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{T} + \frac{v^2}{r} \cdot \vec{N}$$





ففي حالة الحركة الدائرية، يعطي إسقاط شعاع التسارع $\vec{a}$ في معلم فريني،

$$\vec{a} = G.\frac{M}{r^2} \cdot \vec{N} = \frac{v^2}{r} \cdot \vec{N}$$

حيث : $\vec{N} = -\vec{u}$

التسارع مركزي، و بالتالي فإن مركبته المماسية معدومة : $\frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = C^{te}$

إذن قيمة السرعة v ثابتة.

في المرجع الجيومركزي، إن حركة مركز عطالة القمر الاصطناعي على مسار دائري هي منتظمة.

و تحسب قيمة هذه السرعة من العلاقة :

$$\frac{v^2}{r} = G \cdot \frac{M}{r^2} \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

و بوضع : $r = R + h$ ، حيث h هو ارتفاع القمر الاصطناعي عن سطح الأرض، نكتب :

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R + h}}$$

دور حركة القمر الاصطناعي :

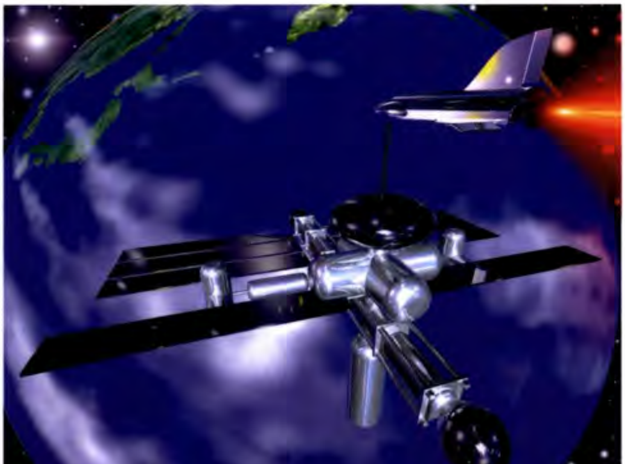
المدة الزمنية T التي يستغرقها القمر الاصطناعي لإنجاز دورة كاملة حول الأرض يسمى دور الحركة.

$$T = \frac{2\pi \cdot r}{v}$$

و منه :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M}}$$

الأقمار الاصطناعية الجيو مستقرة : Satellites géostationnaires



في المرجع الجيومركزي، القمر الاصطناعي، الذي يدور على ارتفاع معين في مستوي خط الإستواء الأرضي و في نفس اتجاه دوران الأرض، يملك سرعة زاوية للدوران تساوي سرعة دوران الأرض.

يبقى هذا القمر الاصطناعي بصفة دائمة على شاقول نفس النقطة من خط الاستواء.

نقول عن هذا القمر الاصطناعي، الساكن بالنسبة للأرض، أنه "جيو مستقر".

و من الأمثلة عن الأقمار الاصطناعية الجيومستقرة، نذكر:

- القمر الاصطناعي METEOSAT المستعمل في تزويد محطات الأرصاد الجوي بالمعلومات الخاصة بالتوقعات الجوية.
- القمر الاصطناعي ASTRA المستعمل في بث الارسال للقناة الفضائية Canal Satellite.
- القمر الاصطناعي EUTELSAT المستعمل في بث الإرسال لمجموعة T.P.S.

الأقمار الاصطناعية و الحركة الدائرية

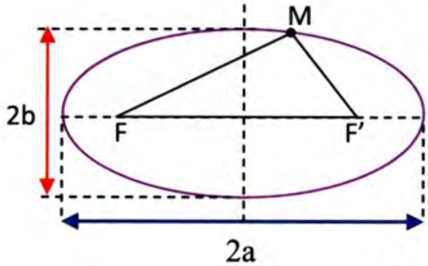
قوانين كيبلر

في القرن السادس عشر (1543)، قام العالم الفلكي البولندي نكولا كوبرنيك Nicolas Copernic بتعويض نظام بطليموس الجيومركزي بالنظام المركزي الشمسي (الهيليومركزي) الذي اعتبر فيه أن الشمس هي مركز العالم.

على الرغم من أن نموذج كوبرنيك سمح بوصف حركة الكواكب بشكل صحيح، إلا أنه كانت توجد اختلافات حول بعض التصورات كما هو الحال مع كوكب المريخ مثلا، حيث تم حساب مداره بدقة كبيرة من طرف الفلكي الدانمركي تيكو براهي Tycho Brahe و لقد جاء من بعدهم الفلكي الألماني جوهانس كيبلر Johannes Kepler الذي استفاد من تجارب زملائه ليفصل في حل المشكل المطروح آنذاك حيث أسس فكرة أن المدارات الكوكبية ليست دائرية لكنها إهليجية.

وصف كيبلر حركة الكواكب انطلاقا من القوانين الثلاثة التي أسسها.

القانون الأول أو قانون المدارات (1605) : في المرجع الهيليومركزي، يتحرك كل كوكب وفق مدار إهليجي أحد محرقيه هو الشمس.

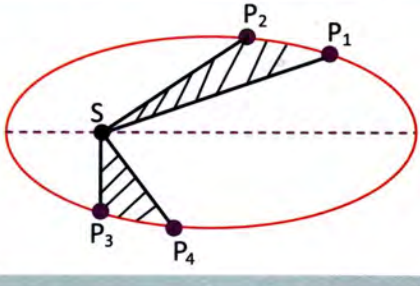


- F و F' هما محرقا الإهليج.
- 2a يمثل طول المحور الكبير للإهليج.
- 2b يمثل طول المحور الصغير للإهليج.
- M هو موضع الكوكب، و في حالة المدار الإهليجي لدينا : $MF+MF'=C^{te}$

ملاحظة : من أجل الحركة الدائرية يكون : $MF'=MF$.

إذن لا يوجد سوى محرق واحد مركزه O و نصف قطره : $r = a = b$

القانون الثاني أو قانون المساحات (1604) : تتم حركة كل كوكب بحيث يمسح المستقيم الرابط بين الكوكب و الشمس مساحات متساوية خلال مجالات زمنية متساوية.



القانون الثالث أو قانون الأدوار (1618) : من أجل كل الكواكب تكون النسبة بين مربع الدور و مكعب نصف المحور الكبير ثابتة : $\frac{T^2}{a^3} = C^{te}$

أخي / أختي

إن إستفدت من هذا الملف فالرجاء أن تدع لي
و للمؤلف بالخير و النجاح و المغفرة.

Hard_equation